

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 23 701.1

Anmeldetag: 22. Mai 2003

Anmelder/Inhaber: Aventis Pharma Deutschland GmbH,
65929 Frankfurt/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Synthese heterocyclischer
Verbindungen

IPC: C 07 D, C 07 C

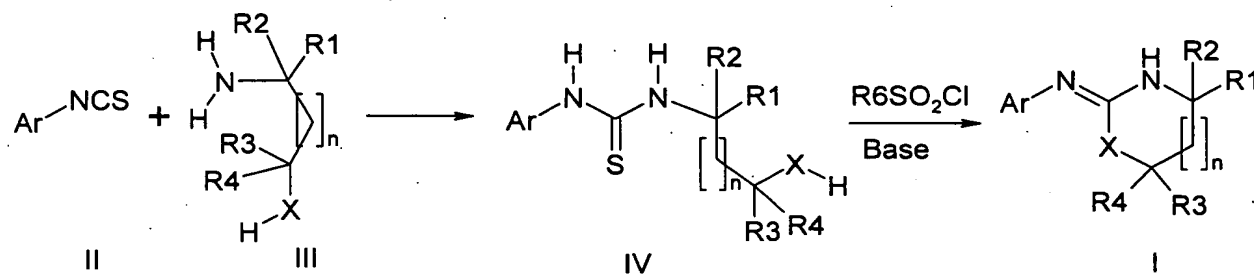
Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

Verfahren zur Synthese heterocyclischer Verbindungen

- 5 Gegenstand der Erfindung ist das in Schema 1 dargestellte Verfahren zur Synthese der heterocyclischen Verbindungen der Formel I.



Schema 1

- Dabei wird zunächst das aromatische Isothiocyanat der Formel II mit dem primären
- 10 Amin der Formel III zu den Thioharnstoffen der Formel IV umgesetzt. Anschließend wird der Thioharnstoff der Formel IV mit einer Base und einem Sulfonsäurechlorid in die Heterocyclen der Formel I überführt.

- Der Aufbau heterocyclischer Grundgerüste ist einer der wichtigsten Syntheseschritte
- 15 in der Organischen Chemie. Die resultierenden heterocyclischen Verbindungen sind unter anderem von großer Bedeutung als Zwischenprodukte in der Synthese von Arzneimittelwirkstoffen und Pflanzenschutzmittelwirkstoffen oder auch direkt als solche Wirkstoffe. Weiterhin stellt die heutzutage bei der Herstellung von Screening-
- 20 diverser Analoga an die Syntheseplanung hohe Anforderungen. Zentrale Bausteine, die den unmittelbaren Zugang zu einer Vielzahl diverser Heterocyclen unter ähnlichen oder im Idealfall identischen Reaktionsbedingungen erlauben, sind daher besonders wertvoll und vor allem für die Roboter-gestützten Synthesen von großer Bedeutung.

25

Die Heterocyclensynthese ausgehend von Thioharnstoffen ist seit langem bekannt. Allerdings haben die Methoden Limitierungen in der Substratauswahl oder Nachteile in Reaktionsführung, Aufarbeitung, Nebenproduktabtrennung oder im Preis der

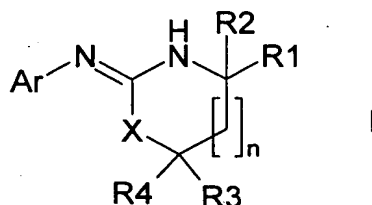
Reagenzien. So lassen sich 1-(2-Hydroxy-ethyl)-3-aryl-thioharnstoffe durch Schwermetall-Derivate wie Quecksilber(II)oxid oder Bleioxid zu Oxazolidin-2-yliden-aryl-aminen cyclisieren (Jen, et al., J. Med. Chem. 1975 (18), 90). Säurekatalyse derselben Edukte liefert die entsprechenden Aryl-thiazolidin-2-yliden-amine (Jen, et al., J. Med. Chem. 1975 (18), 90). Die Verwendung der Schwermetalle ist jedoch nachteilig, da diese im Produkt, sei es auch nur in Spuren, unerwünscht sind. Die säurekatalysierte Umsetzung zum Thiazolidin wiederum verläuft nur bei erhöhter Temperatur und in Gegenwart hoher Säurekonzentrationen zufriedenstellend. Diese drastischen Bedingungen werden von einigen Funktionalitäten wie Estern, Nitrilen oder Ketalen nicht toleriert.

Synthesen ausgehend von 1-(2-Amino-ethyl)-3-aryl-thioharnstoffen zu Imidazolidin-2-yliden-aryl-Derivaten gelingen in Gegenwart von Methyljodid (Synthesis 1974, 41-42) oder Carbodiimid-Derivaten (Synthesis 1977, 864). Nachteilig bei Methyljodid ist die auftretende Konkurrenz-Reaktion gegenüber anderen nukleophilen Zentren im Molekül und sein Gefahrenpotenzial bei unbeabsichtigter Freisetzung. Bei Carbodiimid-Derivaten ist die Abtrennung der gebildeten Harnstoffe häufig problematisch und zeitintensiv. Neuere Carbodiimid-Derivate wie EDC (N'-(3-Dimethylaminopropyl)-N-ethylcarbodiimid Hydrochlorid) oder festphasengebundenes DCCi (Dicyclohexylcarbodiimid) sind wiederum in größerer Menge eingesetzt sehr kostenintensiv.

Die Synthese-Methode der vorliegenden Erfindung führt ausgehend von Arylthiocyanaten und Aminoalkoholen, Aminomercaptanen und Diaminen über die intermediär gebildeten Thioharnstoffe zu den gewünschten Heterocyclen variabler Ringgröße, indem man die intermediären Derivate in Gegenwart eines Sulfonsäurechlorids und einer Base cyclisiert. Diese Reagenzien sind kostengünstig, gut handhabbar, erfordern keine drastischen Reaktionsbedingungen und ihre Folgeprodukte sind durch einfache Waschungen leicht zu beseitigen. Damit ist diese Verfahrensweise besonders für Parallel- oder Robotersynthesen geeignet. In der Literatur findet sich eine ähnliche Verfahrensmethode ganz speziell für die Umsetzung von Phenyl- oder Methylthiocyanaten mit 2-Hydroxyethylaminen zu Oxazolidin- oder Thiazolidin-2-yliden-aminen (Tetrahedron Letters 40 (1999), 8201; Tetrahedron 57 (2001), 7137; Bull. Korean Chem. Soc. 2002 (23), 19).

Überraschend konnte nun gezeigt werden, dass unter diesen Bedingungen nicht nur Fünfringe wie Oxazolidine oder Thiazolidine gebildet werden können, sondern dass Ringgröße und Substitutionsgrad viel flexibler sind und die Synthesemethode nicht auf die Verwendung von 2-Hydroxyethylaminen beschränkt ist. Durch die Beschränkung auf Arylisothiocyanate und N,N'-substituierte Thioharnstoff-Intermediate erfolgt dabei der Ringschluss in definierter Weise und liefert unter Verlust des Thioharnstoff-schwefels im allgemeinen nur ein Cyclisierungsprodukt.

10 Die vorliegende Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung von Heterocyclen der Formel I,



worin bedeuten:

15 X Schwefel, Sauerstoff oder NR₅,

wobei R₅ Wasserstoff oder (C1-C4)Alkyl entspricht;

n Null, 1, 2 oder 3;

Ar Phenyl, Naphthyl oder Heteroaryl, die mit 1, 2, 3, 4 oder 5 Resten R₁₁ substituiert sein können,

wobei R₁₁ unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, OH, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist und wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können;

R₁, R₂, R₃ und R₄

25 unabhängig voneinander H, F oder (C1-C4)-Alkyl,

wobei die Wasserstoffatome der Alkyl-Reste ganz oder teilweise durch Fluoratome ersetzt sein können;

oder

R₁ und R₃

30 zusammen eine Bindung,

und

R2 und R4

mit den beiden Kohlenstoffatomen, an die sie gebunden sind, einen aromatischen Kohlenstoff-Sechsring, in dem ein oder zwei Kohlenstoffatome durch Stickstoff ersetzt sein können, wobei der aromatische Sechsring mit 1, 2, 3 oder 4 Resten R7 substituiert sein kann,

wobei R7 unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, OH, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist und wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können,

wobei n = 0 ist;

oder

R1 und R3

unabhängig voneinander H oder (C1-C4)Alkyl

15 und

R2 und R4

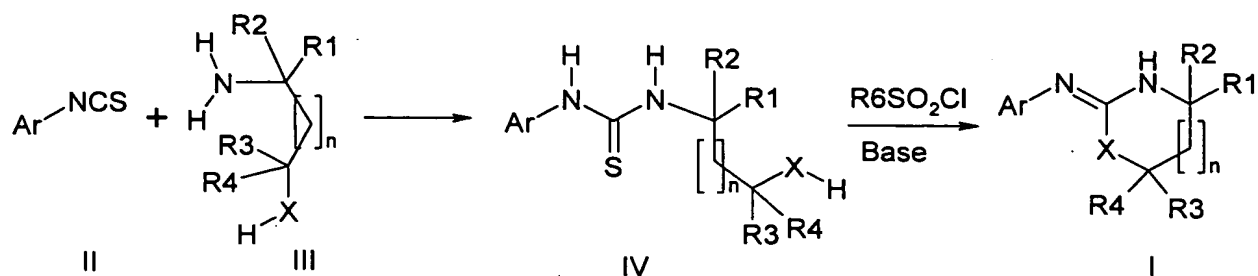
mit den beiden Kohlenstoffatomen, an die sie gebunden sind, einen gesättigten 5-, 6-, 7- oder 8-gliedrigen Kohlenstoffring, in dem ein bis zwei Kohlenstoffatome durch O, S, NH und N(C1-C4)Alkyl ersetzt sein können und der mit 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 Resten R8 substituiert sein kann,

wobei R8 unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist, wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können,

wobei n = 0 ist;

wobei Verbindungen ausgenommen sind, bei denen Ar unsubstituiertes Phenyl, X Sauerstoff oder Schwefel, R1 und R2 unabhängig voneinander H, (C1-C4)Alkyl oder Benzyl, R3 und R4 Wasserstoff und n Null ist, und deren Tautomere und deren Salze,

30 dadurch gekennzeichnet, dass, wie in Schema 1 dargestellt,



Schema 1

a) ein aromatisches Isothiocyanat der Formel II mit einem primären Amin der Formel III zum Thioharnstoff der Formel IV umgesetzt wird, und

5 b) der Thioharnstoff der Formel IV mit einem Sulfonsäurechlorid $\text{R6SO}_2\text{Cl}$ in

Gegenwart einer Base in die Verbindung der Formel I überführt wird,

wobei in den Verbindungen der Formeln II, III und IV

Ar, X, n, R1 bis R5, R7 und R8 definiert sind wie in Formel I und

R6 Phenyl ist, welches unsubstituiert ist oder substituiert ist mit Methyl,

10 Trifluormethyl, F, Cl oder Br.

Verfahrensschritt a) kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Die

Umsetzung des aromatischen Isothiocyanats der Formel II mit dem primären Amin der Formel III kann in Gegenwart eines Lösungsmittels bzw. Verdünnungsmittels

15 durchgeführt werden oder ohne Zusatz eines Lösungsmittels. Bevorzugt wird sie in Gegenwart eines Lösungsmittels durchgeführt. Es können verschiedene

Lösungsmittel eingesetzt werden, zum Beispiel aliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe wie zum Beispiel

Methylenchlorid, Ester wie zum Beispiel Ethylacetat, Alkohole oder Ether. Bevorzugt

20 werden Ether als Lösungsmittel eingesetzt, zum Beispiel Tetrahydrofuran, Dioxan

oder Ethylenglykolether wie Ethylenglykoldimethylether, insbesondere, wenn die

Gesamtreaktion als Eintopfreaktion durchgeführt wird. Es können auch Mischungen aus zwei oder mehr Lösungsmitteln eingesetzt werden. Die Temperatur für die

Umsetzung im Verfahrensschritt a) beträgt vorzugsweise 0°C bis zum Siedepunkt des

25 verwendeten Lösungsmittels, besonders bevorzugt 20°C bis 60°C , zum Beispiel

ungefähr Raumtemperatur. Das aromatische Isothiocyanat der Formel II und das primäre Amin der Formel III werden beispielsweise im molaren Verhältnis 1 : 1,1 bis

1 : 0,9 eingesetzt, bevorzugt in etwa äquimolaren Mengen. Es kann jedoch auch ein

Überschuss des Amins der Formel III eingesetzt werden, zum Beispiel wenn X NR5 ist, um Nebenreaktionen zu verhindern.

Verfahrensschritt b) kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Im
 5 allgemeinen wird die Überführung des Thioharnstoffs der Formel IV in die
 Verbindung der Formel I in Gegenwart eines Lösungsmittel bzw. Verdünnungsmittels
 durchgeführt. Es können verschiedene Lösungsmittel eingesetzt werden, zum
 Beispiel Ester oder Ether, bevorzugt Ether wie zum Beispiel Tetrahydrofuran, Dioxan
 oder Ethylenglykolether wie Ethylenglykoldimethylether. Als Lösungsmittel kann
 10 beispielsweise auch Wasser verwendet werden. Es können auch Mischungen aus
 zwei oder mehr Lösungsmitteln eingesetzt werden, zum Beispiel Mischungen aus
 Wasser und einem oder mehreren organischen Lösungsmitteln, beispielsweise
 Mischungen aus Wasser und einem der genannten Ether. Die Umsetzung kann als
 Einphasenreaktion oder als Zweiphasenreaktion ablaufen. Die Temperatur für die
 15 Umsetzung im Verfahrensschritt b) beträgt vorzugsweise 0°C bis 35 °C, besonders
 bevorzugt ungefähr Raumtemperatur. Der Thioharnstoff der Formel IV und das
 Sulfonylchlorid R_6SO_2Cl werden beispielsweise im molaren Verhältnis 1 : 1,4 bis 1 :
 0,9 eingesetzt, bevorzugt im Verhältnis 1:1 bis 1 : 1,2, beispielsweise etwa im
 Verhältnis 1 : 1,1. Das molare Verhältnis des Thioharnstoffs der Formel IV zur Base
 20 beträgt im Verfahrensschritt b) beispielsweise 1 : 4 bis 1 : 1, vorzugsweise im
 Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 2, beispielsweise etwa im Verhältnis 1 : 2,5. Als Base können
 im Verfahrensschritt b) verschiedene anorganische oder organische Verbindungen
 eingesetzt werden, zum Beispiel basische Alkalimetallverbindungen oder
 Erdalkalimetallverbindungen, insbesondere die Metallhydroxide, oder Amine oder
 25 Ammoniumhydroxide. Bevorzugt werden basische Natriumverbindungen oder
 Kaliumverbindungen als Base verwendet, zum Beispiel Natriumhydroxid,
 Kaliumhydroxid, Natriumcarbonat oder Kaliumcarbonat. Vorteilhaft wird eine wäßrige
 Lösung von Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid verwendet, zum Beispiel mit einer
 Hydroxid-Konzentration der Lösung von 0,1 bis 10 molar, bevorzugt etwa 1 molar..

30

Die Aufarbeitung des Reaktionsgemisches kann nach jedem der beiden
 Verfahrensschritte a) und b) erfolgen. Die Synthese der Verbindungen der Formel I
 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kann aber auch in einer Eintopf-Reaktion

ohne Isolierung des im Schritt a) gebildeten Thioharnstoffs der Formel IV erfolgen und eine Aufarbeitung nur nach dem Ablauf beider Verfahrensschritte durchgeführt werden. Die Aufarbeitung und gewünschtenfalls die Reinigung der Produkte erfolgt nach den üblichen Methoden wie Extraktion, pH-Trennung, Chromatographie oder
 5 Kristallisation und den üblichen Trocknungen.

Die Ausgangsverbindungen der Formeln II und III sind käuflich erhältlich oder können nach oder analog zu in der Literatur beschriebenen, dem Fachmann bekannten Verfahren hergestellt werden. In den Ausgangsverbindungen können
 10 auch funktionelle Gruppen in geschützter Form oder in Form von Vorstufen vorliegen und dann in den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbindungen der Formel I in die gewünschten Gruppen überführt werden. Entsprechende Schutzgruppentechniken sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann in Verbindungen der Formel III, in denen X für NR5 steht, die
 15 Gruppe NHR5 in durch eine Acety-, Trifluoracetyl- oder Tritylgruppe geschützter Form vorliegen und vor der Durchführung von Verfahrensschritt b) entschützt werden.

X ist bevorzugt NR5 oder Sauerstoff, besonders bevorzugt NR5, ganz besonders
 20 bevorzugt NH.

Ar ist bevorzugt Phenyl oder ein monocyclischer Heteroaromat, besonders bevorzugt Phenyl oder ein fünfgliedriger Heteroaromat, zum Beispiel Thiophen oder Isoxazol, wobei alle diese Reste unsubstituiert oder substituiert sein können. Substituenten an dem Rest Ar sind bevorzugt unabhängig voneinander ausgewählt
 25 aus der Gruppe (C1-C4)-Alkyl, F, Cl, Br und O(C1-C4)-Alkyl, wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können. Besonders bevorzugte Substituenten am Rest Ar sind unabhängig voneinander Methyl, Cl oder Br.

n ist bevorzugt Null oder 1, besonders bevorzugt Null.
 30 Bevorzugt stehen R1, R2, R3 und R4 unabhängig voneinander für Wasserstoff oder Methyl, besonders bevorzugt für Wasserstoff, oder R1 und R3 bilden zusammen eine Bindung und R2 und R4 bilden einen aromatischen Sechsring, bevorzugt einen Benzolring, wobei der aromatische Sechsring unsubstituiert oder mit 1, 2, 3 oder 4 voneinander unabhängigen Resten R7 substituiert sein kann, oder R1 und R3

stehen unabhängig voneinander für Wasserstoff oder Methyl und R2 und R4 bilden einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Ring, bevorzugt einen Cyclopentan- oder Cyclohexanring, wobei der Ring mit 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 voneinander unabhängigen Resten R8 substituiert sein kann.

5 R5 ist bevorzugt Wasserstoff oder Methyl, besonders bevorzugt Wasserstoff.

R7 ist bevorzugt unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, F, Cl, Br, OH oder O(C1-C4), wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können, besonders bevorzugt sind die Substituenten R7 unabhängig voneinander F, Cl, Methyl, Methoxy, CF₃ oder OH.

10 R8 ist bevorzugt unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl oder O(C1-C4)Alkyl, wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können,

Bei der wässrigen Base handelt es sich bevorzugt um eine wässrige Metallhydroxid-Lösung, besonders bevorzugt um eine Natriumhydroxid- oder Kaliumhydroxid-Lösung.

15 Bei dem Sulfonsäurechlorid R6SO₂Cl handelt es sich um unsubstituierte oder substituierte Benzolsulfonsäurechloride, wobei R6 bevorzugt Phenyl oder p-Tolyl ist.

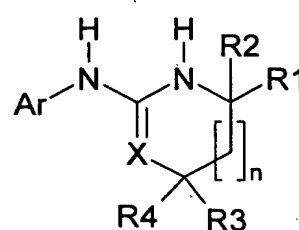
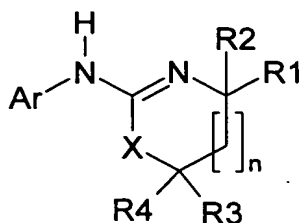
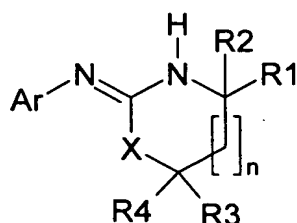
Die Verbindungen der Formel I können in Form ihrer Salze isoliert werden. Diese werden nach den üblichen Methoden durch Umsetzung mit Säuren oder Basen

20 erhalten. Als Säureadditionssalze kommen dabei beispielsweise Halogenide, insbesondere Hydrochloride, Hydrobromide, Lactate, Sulfate, Citrate, Tartrate, Acetate, Phosphate, Methylsulfonate, Benzolsulfonate, p-Toluolsulfonate, Adipinate, Fumarate, Gluconate, Glutamate, Glycerolphosphate, Maleinate, Benzoate, Oxalate und Pamoate und Trifluoracetate in Frage, im Fall der Herstellung von Wirkstoffen

25 bevorzugt physiologisch akzeptable Salzen. Enthalten die Verbindungen eine Säuregruppe, können sie Salze mit Basen bilden, beispielsweise Alkalimetallsalze, vorzugsweise Natrium- oder Kaliumsalze, oder Ammoniumsalze, zum Beispiel als Salze mit Ammoniak oder organischen Aminen oder Aminosäuren. Sie können auch als Zwitterion vorliegen.

30

Die Verbindungen der Formel I können weiterhin als Tautomere oder als Gemisch tautomerer Strukturen vorliegen, zum Beispiel als folgende Tautomere:



nur bei X=N

Enthalten die Verbindungen der Formel I ein oder mehrere Asymmetriezentren, so können diese unabhängig voneinander sowohl S als auch R konfiguriert sein. Die 5 Verbindungen können als optische Isomere, als Diastereomere, als cis/trans Isomere, als Racemate oder als Gemische derselben in beliebigen Verhältnissen vorliegen.

Wenn $n = 0$ ist, liegt eine direkte Bindung zwischen den beiden benachbarten

10 Kohlenstoffatomen vor, so dass ein Fünfring gebildet wird, der kondensiert sein kann mit einem weiteren Ring.

Alkylreste können geradkettig oder verzweigt sein. Dies gilt auch, wenn sie Substituenten tragen oder als Substituenten anderer Reste auftreten, beispielsweise

15 in Fluoralkylresten oder Alkoxyresten. Beispiele für Alkylreste sind Methyl, Ethyl, n-Propyl, Isopropyl (= 1-Methylethyl), n-Butyl, Isobutyl (= 2-Methylpropyl), sec-Butyl (= 1-Methylpropyl) oder tert-Butyl (= 1,1-Dimethylethyl). Bevorzugte Alkylreste sind

Methyl, Ethyl, n-Propyl oder Isopropyl. In Alkylresten können ein oder mehrere, zum Beispiel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 oder 9, Wasserstoffatome durch Fluoratome substituiert

20 sein. Beispiele für solche Fluoralkylreste sind Trifluormethyl, 2,2,2-Trifluorethyl, Pentafluorethyl, Heptafluorisopropyl. Substituierte Alkylreste können in beliebigen Positionen substituiert sein.

Phenylreste können unsubstituiert sein oder einfach oder mehrfach, zum Beispiel

25 einfach, zweifach, dreifach, vierfach oder fünffach, durch gleiche oder verschiedene Reste substituiert sein. Wenn ein Phenylrest substituiert ist, trägt er bevorzugt einen oder zwei gleiche oder verschiedene Substituenten. In monosubstituierten

Phenylresten kann sich der Substituent in der 2-Position, der 3-Position oder der 4-Position befinden. Zweifach substituiertes Phenyl kann in 2,3-Position, 2,4-Position,

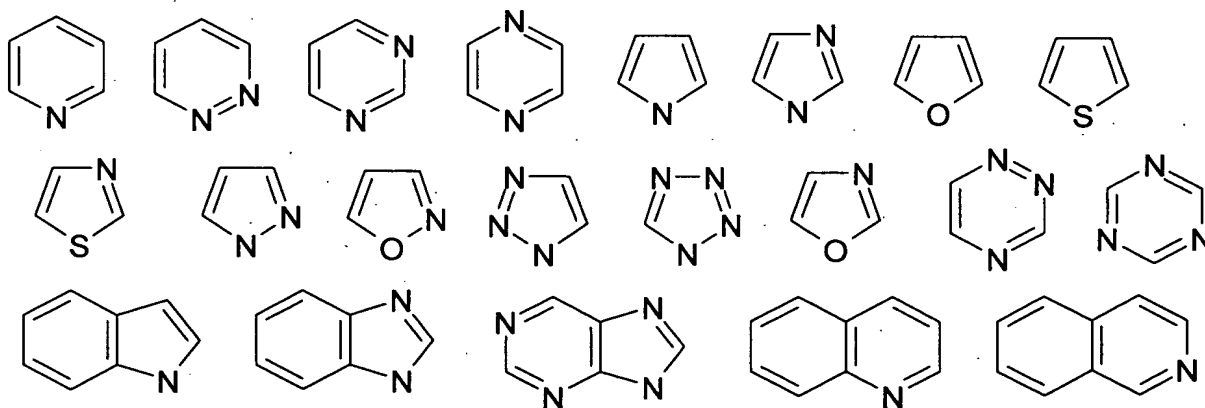
2,5-Position, 2,6-Position, 3,4-Position oder 3,5-Position substituiert sein. In dreifach substituierten Phenylresten können sich die Substituenten in 2,3,4-Position, 2,3,5-Position, 2,4,5-Position, 2,4,6-Position, 2,3,6-Position oder 3,4,5-Position befinden. Naphthylreste können über alle Positionen angebunden sein, zum Beispiel über die 1-Position oder 2-Position. Naphthylreste können ebenfalls unsubstituiert sein oder einfach oder mehrfach, zum Beispiel einfach, zweifach, dreifach, vierfach oder fünffach, durch gleiche oder verschiedene Reste substituiert sein. Wenn ein Naphthylrest substituiert ist, trägt er bevorzugt einen oder zwei gleiche oder verschiedene Substituenten.

10

Heteroarylreste sind aromatische Ringverbindungen, in denen 1, 2, 3, oder 4 Ringatome Sauerstoffatome, Schwefelatome oder Stickstoffatome sind, z. B. 1, 2 oder 3 Stickstoffatome, 1 oder 2 Sauerstoffatome, 1 oder 2 Schwefelatome oder eine Kombinationen aus verschiedenen Heteroatomen. Die Heteroarylreste können mono- oder bicyclisch sein. Die Heteroarylreste können über alle Positionen gebunden sein, zum Beispiel über die 1-Position, 2-Position, 3-Position, 4-Position, 5-Position, 6-Position, 7-Position oder 8-Position. Heteroarylreste können unsubstituiert sein oder einfach oder mehrfach, zum Beispiel einfach, zweifach oder dreifach, durch gleiche oder verschiedene Reste substituiert sein.

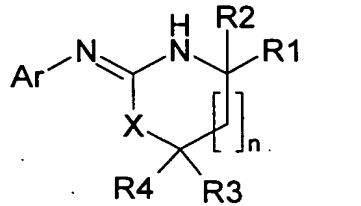
20

Als Heterarylreste kommen zum Beispiel in Frage:

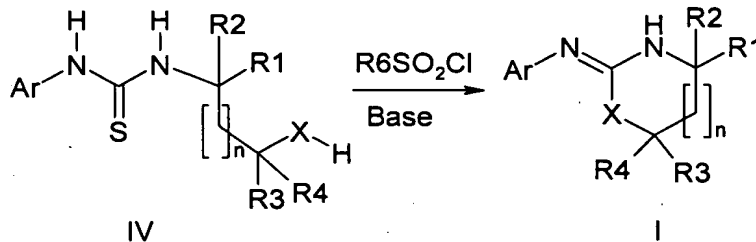


Bevorzugte Heteroarylreste sind monocyclische aromatische Ringverbindungen, besonders bevorzugt sind fünfgliedrige Heteroarylreste, zum Beispiel Thiophen und Isoxazol.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel I,



5 dadurch gekennzeichnet, dass
ein Thioharnstoff der Formel IV mit einem Sulfonsäurechlorid R_6SO_2Cl in
Gegenwart einer Base in die Verbindung der Formel I überführt wird,



10 wobei

Ar, X, n und R1 bis R8 wie für das oben beschriebene Verfahren angegeben
definiert sind.

Alle Definitionen und Erläuterungen zu dem oben beschriebenen Verfahren gelten
für dieses Verfahren entsprechend.

15

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Verbindungen der Formel I
sind wertvolle Zwischenprodukte, zum Beispiel für die Herstellung von
Arzneimittelwirkstoffen wie Clonidin-Analoga, oder von Polymeren, oder sind auch
selbst Arzneimittelwirkstoffe. So werden zum Beispiel in den Anmeldungen DE
20 10224892 und DE 10163239 Verbindungen beschrieben, die mittels des hier
beschriebenen Verfahrens hergestellt werden können, zur Verwendung als NHE
Inhibitoren, insbesondere NHE3 Inhibitoren, beispielsweise zur Behandlung von
Atemstörungen und des Schnarchens sowie zur Verbesserung des Atemantriebes,
oder zur Behandlung von akuten oder chronischen Erkrankungen, die durch
25 ischämische und/oder Reperfusionseignisse oder durch proliferative oder durch
fibrotische Ereignisse ausgelöst werden.

Versuchsbeschreibungen und Beispiele:

Abkürzungen:

5 abs.	absolut
ESI	Elektrospray-Ionisation
rt	Retentionszeit
THF	Tetrahydrofuran
TFA	Trifluoressigsäure

10

Die im Folgenden angegebenen Retentionszeiten (rt) beziehen sich auf LCMS-Messungen mit den folgenden Parametern:

Analytische Methoden:

Methode A:

- 15 stationäre Phase: Merck Purospher 5 μ 2 x 55 mm
 mobile Phase: 95% H₂O (0,05% TFA) → 95% Acetonitril, 3 min; → 95% Acetonitril, 1,5 min; 0,5 ml/min.

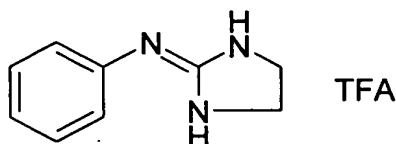
Methode B:

- 20 stationäre Phase: Merck Purospher 3 μ 2 x 55 mm
 mobile Phase: 95% H₂O (0,08% HCOOH) → 95% Acetonitril (0,1% HCOOH), 5 min; → 95% Acetonitril (0,1% HCOOH), 2 min; → 95% H₂O (0,1% HCOOH), 1 min; 0,45 ml/min.

25 Die präparative HPLC wurde unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

- stationäre Phase: Merck Purospher RP18 (10 μ m) 250 x 25 mm
 mobile Phase: 90% H₂O (0,05% TFA) → 90% Acetonitril, 40 min;
 25 ml/min

30 Beispiel 1: Imidazolidin-2-yliden-phenyl-amin, Trifluoressigsäuresalz



a) 1-(2-Amino-ethyl)-3-phenyl-thioharnstoff

Zu einer Lösung aus Ethylendiamin (5,56 g) in abs. THF (6 ml) wurde unter Argon eine Lösung aus Phenylisothiocyanat (500 mg) in abs. THF (6 ml) tropfenweise über 5 20 Minuten zugegeben. Danach wurde das Reaktionsgemisch auf Wasser gegeben, mit 10 %iger HCl angesäuert und mit Essigester extrahiert. Dann wurde die wässrige Phase mit Kaliumcarbonat basisch gemacht und drei Mal mit Essigester extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden über Magnesiumsulfat getrocknet, 10 filtriert und eingeeengt. Anschließend wurde zwei Mal mit Toluol ko-evaporiert. Zurück blieben 650 mg des gewünschten Produkts.

LCMS-rt (A): 1,96 min

MS (ESI⁺): 196,2

b) Imidazolidin-2-yliden-phenyl-amin, Trifluoressigsäuresalz

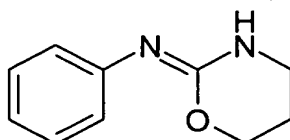
15 1-(2-Amino-ethyl)-3-phenyl-thioharnstoff (50 mg) wurde unter Argon in THF (1,5 ml) gelöst, mit einer Lösung aus Natriumhydroxid (25,6 mg) in Wasser (0,6 ml) versetzt und innerhalb von fünf Minuten eine Lösung aus p-Toluolsulfonsäurechlorid (53,7 mg) in THF zugetropft. Nach einer halben Stunde Rühren wurde das Reaktionsgemisch auf Wasser gegeben und sechs Mal mit Ether extrahiert.

20 Anschließend wurden die vereinigten organischen Phasen über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Der Rückstand wurde mittels präparativer Chromatographie gereinigt, die Produkt-enthaltenden Fraktionen vereinigt, vom Acetonitril befreit und gefriergetrocknet. Nach Gefrier Trocknung wurden 20 mg des gewünschten Produkts erhalten.

25 LCMS-rt (A): 1,72 min

MS (ESI⁺): 162,2

Beispiel 2: [1,3]Oxazinan-2-yliden-phenyl-amin



a) 1-(3-Hydroxy-propyl)-3-phenyl-thioharnstoff

Zu einer Lösung aus 3-Amino-1-propanol (114,5 mg) in abs. THF (2 ml) wurde unter Argon und Rühren eine Lösung aus Phenylisothiocyanat (200 mg) in abs. THF (2 ml) zugetropft. Das Reaktionsgemisch wurde zwei Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wurde der Rückstand in wässriger HCl gelöst und mit Ether gewaschen. Anschließend wurde die wässrige Phase mit Kaliumcarbonat basisch gemacht und drei Mal mit Ether extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Der Rückstand wurde mittels präparativer Chromatographie gereinigt, die Produkt-enthaltenden Fraktionen vereinigt, vom Acetonitril befreit, basisch gestellt und drei Mal mit Essigester extrahiert. Die organischen Phasen wurden vereinigt, getrocknet (MgSO₄) und filtriert. Nach Abziehen des Lösungsmittels wurden 114 mg des gewünschten Produkts erhalten.

LCMS-rt (B): 1,99 min

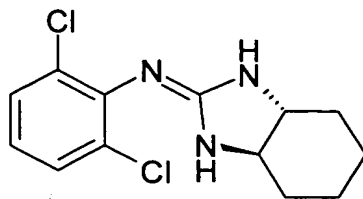
MS (ESI⁺): 211,20

b) [1,3]Oxazinan-2-yliden-phenyl-amin

Zu einer Lösung aus 1-(3-Hydroxy-propyl)-3-phenyl-thioharnstoff (50 mg) und THF (1,5 ml) wurde unter Argon und Rühren eine Lösung aus Natriumhydroxid (23,8 mg) und Wasser (0,6 ml) gegeben. Anschließend wurde über fünfzehn Minuten eine Lösung aus p-Toluolsulfonsäurechlorid (49,9 mg) und THF (0,5 ml) zugetropft. Nach 30 Minuten Rühren wurde das Reaktionsgemisch auf Wasser gegeben und drei Mal mit Ether extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Chromatographie über Kieselgel (anfangs Methylenchlorid/Methanol 50:1, am Ende Methanol/gesättigte Ammoniak-Lösung 100:1) lieferte 27,4 mg des gewünschten Produkts.

NMR (400 MHz, CDCl₃): 7,35-7,18 (4H, m), 6,9-7,0 (1H, m), 4,29 (2H, t), 3,43 (2H, t), 1,96 (2H, q)

30 Beispiel 3: (2,6-Dichlor-phenyl)-(octahydro-benzoimidazol-2-yliden)-amin



a) 1-(2-Amino-cyclohexyl)-3-(2,6-dichlor-phenyl)-thioharnstoff

Zu einer Lösung aus trans-1,2-Diaminocyclohexan (139,9 mg) und abs. THF (3 ml) wurde über eine halbe Stunde langsam eine Lösung aus 1,3-Dichlor-2-

5 isothiocyanto-benzol (100 mg) und abs. THF (3 ml) getropft. Die Lösung wurde noch 90 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wurde das Reaktionsgemisch auf Wasser gegeben, mit Salzsäure angesäuert und einmal mit Ethylacetat extrahiert. Danach wurde mit Kaliumcarbonat basisch gemacht und dreimal mit Ethylacetat extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden über 10 Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Es wurden 128 mg des gewünschten Produkts erhalten.

LCMS-rt (B): 1,88 min

MS (ESI+): 318,20

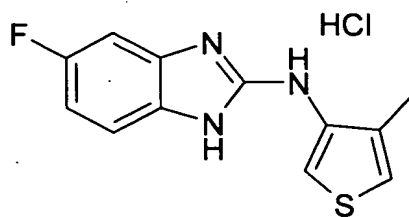
15 b) : (2,6-Dichlor-phenyl)-(octahydro-benzoimidazol-2-yliden)-amin

Zu einer Lösung aus 1-(2-Amino-cyclohexyl)-3-(2,6-dichlor-phenyl)-thioharnstoff (50 mg) und THF (1,5 ml) wurde unter Argon eine Lösung aus Natriumhydroxid (15,7 mg) und Wasser (0,6 ml) gegeben. Anschließend wurde über fünfzehn Minuten eine Lösung aus p-Toluolsulfonsäurechlorid (32,9 mg) und THF (0,5 ml) zugetropft. Nach 20 60 Minuten Rühren wurde das Reaktionsgemisch auf Wasser gegeben und drei Mal mit Ether extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Es wurden 44 mg des gewünschten Produkts erhalten.

LCMS-rt (B): 1,95 min

25 MS (ESI+): 284,20

Beispiel 4: (5-Fluor-1H-benzoimidazol-2-yl)-(4-methyl-thiophen-3-yl)-amin
Hydrochlorid



a) 1-(2-Amino-5-fluor-phenyl)-3-(4-methyl-thiophen-3-yl)-thioharnstoff und 1-(2-Amino-4-fluor-phenyl)-3-(4-methyl-thiophen-3-yl)-thioharnstoff

- 4-Fluor-o-phenylen-diamin (1,5 g) wurde in abs. THF (25 ml) gelöst und unter
 5 Rühren 3-Isothiocyanato-4-methyl-thiophen (1,8g), gelöst in abs. THF (25 ml) zugetropft. Nach beendeter Zugabe wurde 3 h bei Raumtemperatur gerührt, dann wurde noch etwas 3-Isothiocyanato-4-methyl-thiophen zugegeben und eine weitere Stunde gerührt. Nach Stehenlassen über Nacht wurde das THF abgezogen, der Rückstand in Ethanol gelöst, Kohle zugesetzt, zum Sieden erhitzt und heiß filtriert.
 10 Aus dem Filtrat wurde nach Abkühlen 1,8 g des gewünschten Produkts mit Ether ausgefällt.

b) (5-Fluor-1H-benzoimidazol-2-yl)-(4-methyl-thiophen-3-yl)-amin Hydrochlorid

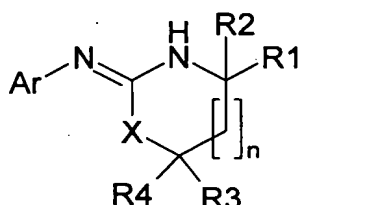
- Das Gemisch aus 1-(2-Amino-5-fluor-phenyl)-3-(4-methyl-thiophen-3-yl)-thioharnstoff
 15 und 1-(2-Amino-4-fluor-phenyl)-3-(4-methyl-thiophen-3-yl)-thioharnstoff (1,75 g) wurde in THF (50 ml) gelöst und mit einer Lösung aus Natriumhydroxid (0,622 g) und Wasser (15 ml) versetzt. Innerhalb von 5 min. wurde eine Lösung aus p-Toluolsulfonäurechlorid (1,304 g) und THF (10 ml) zugetropft. Nach beendeter Zugabe wurde eine halbe Stunde bei Raumtemperatur gerührt. Das
 20 Reaktionsgemisch wurde auf Wasser gegossen und die Wasserphase drei Mal mit Ether extrahiert. Die vereinigten Etherphasen wurden mit Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingeeengt. Das Rohprodukt wurde in Essigester gelöst und mit ätherischer HCl auf pH 2 gestellt. Durch Zugabe von mehr Ether wurde das Produkt ausgefällt. Nach Trocknen wurden 750 mg des gewünschten Produkts
 25 erhalten.

LCMS-rt (B): 1,48 min

MS (ESI+): 248,11

Patentansprüche

5 1. Verfahren zur Herstellung von Heterocyclen der Formel I,



worin bedeuten:

X Schwefel, Sauerstoff oder NR₅,

wobei R₅ Wasserstoff oder (C1-C4)Alkyl entspricht;

n Null, 1, 2 oder 3;

Ar Phenyl, Naphthyl oder Heteroaryl, die mit 1, 2, 3, 4 oder 5 Resten R₁₁ substituiert sein können,

wobei R₁₁ unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, OH, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist und wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können;

R₁, R₂, R₃ und R₄

unabhängig voneinander H, F oder (C1-C4)-Alkyl,

wobei die Wasserstoffatome der Alkyl-Reste ganz oder teilweise durch Fluoratome ersetzt sein können;

oder

R₁ und R₃

zusammen eine Bindung,

und

R₂ und R₄

mit den beiden Kohlenstoffatomen, an die sie gebunden sind, einen aromatischen Kohlenstoff-Sechsring, in dem ein oder zwei Kohlenstoffatome durch Stickstoff ersetzt sein können, wobei der aromatische Sechsring mit 1, 2, 3 oder 4 Resten R₇ substituiert sein kann,

wobei R7 unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, OH, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist und wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können,

5 wobei n = 0 ist;

oder

R1 und R3

unabhängig voneinander H oder (C1-C4)Alkyl

und

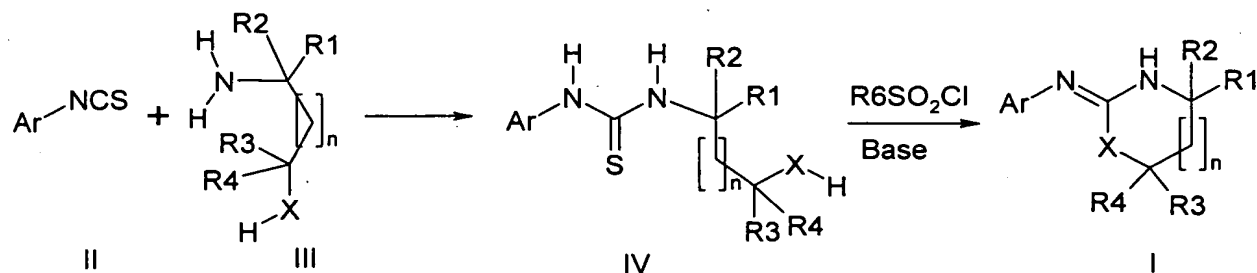
10 R2 und R4

mit den beiden Kohlenstoffatomen, an die sie gebunden sind, einen gesättigten 5-, 6-, 7- oder 8-gliedrigen Kohlenstoffring, in dem ein bis zwei Kohlenstoffatome durch O, S, NH und N(C1-C4)Alkyl ersetzt sein können und der mit 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 Resten R8 substituiert sein kann,

15 wobei R8 unabhängig voneinander aus der Gruppe (C1-C4)Alkyl, O(C1-C4)Alkyl, COO(C1-C4)Alkyl gewählt ist, wobei die Wasserstoffatome der Alkylreste ganz oder teilweise durch Fluor ersetzt sein können,

wobei n = 0 ist;

20 wobei Verbindungen ausgenommen sind, bei denen Ar unsubstituiertes Phenyl, X Sauerstoff oder Schwefel, R1 und R2 unabhängig voneinander H, (C1-C4)Alkyl oder Benzyl, R3 und R4 Wasserstoff und n Null ist, und deren Tautomere und deren Salze, dadurch gekennzeichnet, dass, wie in Schema 1 dargestellt,



25 Schema 1

a) ein aromatisches Isothiocyanat der Formel II mit einem primären Amin der Formel III zum Thioharnstoff der Formel IV umgesetzt wird, und

b) der Thioharnstoff der Formel IV mit einem Sulfonsäurechlorid R_6SO_2Cl in

Gegenwart einer Base in die Verbindung der Formel I überführt wird,

5 wobei in den Verbindungen der Formeln II, III und IV

Ar, X, n, R_1 bis R_5 , R_7 und R_8 definiert sind wie in Formel I und

R_6 Phenyl ist, welches unsubstituiert ist oder substituiert ist mit Methyl,

Trifluormethyl, F, Cl oder Br.

10 2. Verfahren nach Anspruch 1 zur Herstellung einer Verbindung der Formel I, bei dem die Reaktion als Eintopfreaktion durchgeführt wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 und/oder 2, wobei die Schritte a) und b) unabhängig voneinander kontinuierlich oder diskontinuierlich geführt werden.

15

4. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, worin X Sauerstoff oder NR5 ist.

5. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, worin X NR5 ist.

20

6. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, worin n Null oder 1 ist.

7. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, worin Ar Phenyl,

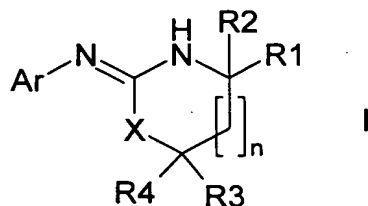
25 Thienyl oder Isoxazolyl ist, die wie in Anspruch 1 angegeben substituiert sein können.

8. Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, worin R_6 Phenyl oder p-Methylphenyl ist.

30

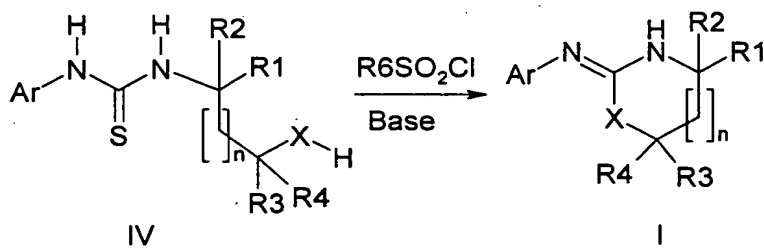
9. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 8, worin die im Schritt b) eingesetzte Base Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid ist.

10. Verfahren zur Herstellung einer Verbindung der Formel I definiert wie in Anspruch 1,



dadurch gekennzeichnet, dass

5 ein Thioharnstoff der Formel IV mit einem Sulfonsäurechlorid R_6SO_2Cl in Gegenwart einer Base in die Verbindung der Formel I überführt wird,



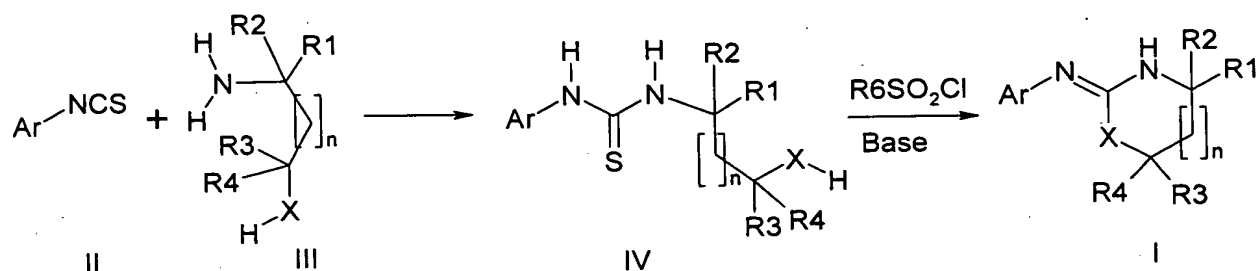
wobei

10 Ar, X, n und R1 bis R8 wie in Anspruch 1 definiert sind.

Zusammenfassung

5 Verfahren zur Synthese heterocyclischer Verbindungen

Gegenstand der Erfindung ist das in Schema 1 dargestellte Verfahren zur Synthese der heterocyclischen Verbindungen der Formel I.



Schema 1

10

Dabei wird zunächst das aromatische Isothiocyanat der Formel II mit dem primären Amin der Formel III zu den Thioharnstoffen der Formel IV umgesetzt. Anschließend wird der Thioharnstoff der Formel IV mit einer Base und einem Sulfonsäurechlorid in die Heterocyclen der Formel I überführt.

15